



# Rückkehr zum Sport nach Eingriffen am Gelenkknorpel im Kniegelenk

## Rehabilitation und Kriterien

Gelenkknorpelschäden im Kniegelenk zeigen eine hohe Prävalenz und sind häufig der Grund für Schmerzen und funktionelle Einschränkungen sowohl im Alltag als auch bei sportlichen Aktivitäten [3, 11, 16]. Die Behandlung dieser Gelenkknorpelschäden stellt eine große Herausforderung dar. Dies liegt einerseits am limitierten Selbstheilungspotenzial von artikulärem Knorpelgewebe aufgrund der fehlenden Vaskularisation [1]. Andererseits sind v. a. junge und aktive Patienten von davon betroffen, die sehr hohe Erwartungen an die Kniegelenkfunktion stellen und deren primäres Behandlungsziel die Wiederaufnahme sportlicher Aktivitäten ist [39].

In der Literatur werden zahlreiche operative Möglichkeiten zur Behandlung dieser Schäden beschrieben. Diese reichen von der klassischen Arthroskopie mit Lavage und Reduktion der Entzündungsfaktoren über Mikrofrakturierung (MF) und osteochondrale Transplantation bis hin zur autologen Knorpelzelltransplantation (ACT; [7, 21, 30]). Insbesondere die Mikrofrakturierung und die ACT zeigen bislang sehr gute bis exzellente Ergebnisse in der Behandlung von Knorpelschäden und können auch die Wiederaufnahme der sportlichen Aktivität auf professionellem Niveau ermöglichen [29].

Bei all diesen Methoden ist allerdings die lange postoperative Rehabilitationszeit zu beachten, die notwendig ist, um das Reparatur- bzw. Regenerationsgewebe optimal ausheilen zu lassen. Je nach Operationsmethode empfiehlt die Literatur zwischen 6 und 12 Monaten intensive Rehabilitation vor der Wiederaufnahme von sportlichen Aktivitäten [28, 36]. Obwohl Einigkeit darüber herrscht, dass eine konsequent durchgeführte Rehabilitation wesentlich für die optimale Ausheilung des Reparatur- bzw. Regenerationsgewebes und für die Erlangung einer guten Kniegelenkfunktion ist, fehlt es nach wie vor an guten evidenzbasierten Nachweisen zur Bestätigung dieses Konsensus. Das optimale postoperative Szenario inkludiert ein sicheres, individualisiertes Rehabilitationsprotokoll, das auf evidenzbasierten Ergebnissen aus Grundlagenforschung und klinischer Forschung aufbaut. Dieser Artikel präsentiert Grundlagen der Rehabilitation und mögliche Inhalte eines Rehabilitationsprotokolls nach knorpelchirurgischen Eingriffen am Kniegelenk. Des Weiteren werden mögliche Kriterien diskutiert, die die Entscheidung, wann mit der Wiederaufnahme von sportlichen Aktivitäten begonnen werden kann, erleichtern sollen.

### Grundlagen der Rehabilitation

In der Literatur werden mehrere Faktoren beschrieben, die das postoperative Outcome und die Qualität des Reparatur- bzw. Regenerationsgewebes nach knor-

pelchirurgischen Eingriffen am Kniegelenk beeinflussen. Dazu zählen die richtige Indikation für die entsprechende operative Methode, die Fertigkeit und das praktische Geschick der Chirurgen, die Compliance und Kooperationsfähigkeit der Patienten sowie eine progressive und kontrollierte Rehabilitation [13, 37].

Die World Health Organization (WHO) hat eine Klassifikation zur Beschreibung des funktionalen Gesundheitszustands, die International Classification for Functioning, Disability and Health (ICF), erstellt, die aus 3 Ebenen besteht:

- Ebene 1 ist die *Körperebene*, die strukturelle und funktionelle Einschränkungen beschreibt und sich auf den menschlichen Organismus als Ganzes bezieht.
- Ebene 2 ist die *Aktivitätsebene* und beinhaltet individuelle, für den Alltag notwendige Aktivitäten.
- Ebene 3 ist die *Partizipationsebene*, welche die gesellschaftliche Perspektive umfasst [33, 34].

Angepasst an diese ICF-Klassifikation verfolgt die Rehabilitation folgende Ziele: Auf der strukturellen und funktionellen Ebene soll die Bildung eines hochqualitativen Reparatur- bzw. Regenerationsgewebes unterstützt werden; die freie Beweglichkeit des Gelenks und ausreichend Muskelkraft soll den Patienten ermöglichen, auf der Aktivitätsebene sämtliche Aktivitäten des täglichen Lebens zu absolvieren. Damit sollte dann gewährleistet sein, dass die Patienten auf

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

**Tab. 1** Faktoren, welche die Rehabilitation beeinflussen können. (Mod. nach [29])

Faktoren	Konsequenzen
Alter	Reparatur/Regeneration von Knorpelgewebe dauert länger
BMI	Langsamere Steigerung der Belastung, wenn BMI > 30
Aktivitätsniveau	Je höher, desto wichtiger ist die neuromuskuläre Funktion
Defektgrößer	Je kleiner, desto schneller kann der Fortschritt in der Rehabilitation sein
Lokalisation	TFG: langsame Steigerung der Belastung PFG: schnellere Steigerung der Belastung
Dauer der Symptome	Bestehen die Symptome länger als 12 Monate, dauert die Rehabilitation länger

*BMI* Body-Mass-Index, *TFG* Tibiofemoralgelenk, *PFG* Patellofemoralgelenk

**Tab. 2** Biologische Phasen und Phasen der Rehabilitation nach knorpelchirurgischen Eingriffen am Kniegelenk. (Mod. nach [29])

	Biologische Phasen	Phasen der Rehabilitation
Phase 1	Integration und Stimulation	Protektion und Aktivierung
Phase 2	Matrixproduktion und Organisation	Progressive Belastung und funktionelle Wiederherstellung
Phase 3	Reifung und Adaptation	Aktivitätsphase

der Partizipationseben ihrer Arbeit, ihren sportlichen Aktivitäten sowie ihren sonstigen Freizeitaktivitäten nachgehen können.

## Heilungsphasen von Knorpelgewebe

Je nach Operationstechnik werden unterschiedliche postoperative Heilungsphasen des Knorpelgewebes beschrieben, die wichtige Informationen über die Belastbarkeit des Gewebes geben und somit die Dosierung sämtlicher rehabilitativer Maßnahmen bestimmen. Während bei der osteochondralen Transplantation lediglich das Einwachsen der osteochondralen Zylinder abgewartet werden muss, unterliegt das Knorpelgewebe nach einer Mikrofrakturierung bzw. nach einer ACT einem länger andauernden Reifungsprozess [29]. In der Literatur ist beschrieben, dass die Qualität des Reparatur- bzw. des Regenerationsgewebes sehr stark von der Dauer und der Höhe der zugeführten Belastung in der ersten postoperativen Phase (Woche 0–4) abhängig ist [10, 23]. Daher sollte gerade in diesem Zeitraum die Belastung auf das heilende Knorpelgewebe gut dosiert, langsam gesteigert und gefährdende Kräfte, wie Scherkräfte und Scherkräfte unter Kompression, vermieden werden. Sämtliche im Zuge

der Rehabilitation durchgeführten Maßnahmen, wie z. B. zur Verbesserung der Beweglichkeit und der neuromuskulären Funktion, sollten an diese reduzierte Belastbarkeit des Knorpelgewebes angepasst werden, um das heilende Knorpelgewebe in seinem Reifungsprozess nicht zu gefährden.

## Biomechanik

Um die auf das Gelenk einwirkenden Kräfte abschätzen zu können, ist es erforderlich, sich mit der Arthrokinematik des betroffenen Gelenks auseinanderzusetzen. So können für das heilende Knorpelgewebe schädigende Kräfte, wie v. a. Scherkräfte und Scherkräfte unter Kompression, vermieden werden. Des Weiteren kann der Physiotherapeut das Rehabilitationsprotokoll an die Lokalisation des Knorpelschadens adaptieren und das Übungsprogramm entsprechend gestalten.

Die Hauptbelastung im Tibiofemoralgelenk (TFG) erfolgt v. a. in axialer Richtung d. h. bei Aktivitäten wie Gehen, Laufen und Stiegen steigen. Bewegungen in unbelasteten Positionen (z. B. Sitzen oder Liegen) erzeugen weitaus weniger Belastung im TFG [20]. Hier muss allerdings unterschieden werden, ob diese Bewegungen in einem offenen Bewegungssys-

tem, „open kinetic chain“ (OKC) oder in einem geschlossenen Bewegungssystem, „closed kinetic chain“ (CKC) durchgeführt werden. Nachdem bei Bewegungen in der offenen Kette deutlich mehr Scherkräfte produziert werden, sollten diese v. a. in der ersten postoperativen Phase vermieden werden. Bewegungen in der geschlossenen Kette, unabhängig vom Kniewinkel, reduzieren diese tibiofemorale Scherkräfte, da es zu vermehrter axialer Kompression und muskulärer Kokontraktion kommt [13].

## » Die Biomechanik im Patellofemoral- bzw. Tibiofemoralgelenk muss in der Rehabilitation unbedingt berücksichtigt werden

Im Patellofemoralgelenk (PFG) steigt die Belastung mit zunehmender Flexion, während in strecknahen Positionen der retropatellare Druck gering ist [35]. Auch im PFG erzeugen Bewegungen in der OKC unterschiedliche Belastungen verglichen mit Bewegungen in der CKC. Grelsamer [17] beschreibt, dass während CKC-Übungen mit steigendem Flexionswinkel die Belastung im PFG steigt und während OCK-Übungen in Extension die Belastung im PFG sinkt und hohe Quadrizepsaktivität erforderlich ist. Folglich werden CKC-Übungen im Bereich von 0–45° und OCK-Übungen in einem Ausmaß von 90–50° und 20–0° vorgeschlagen.

## Weitere Faktoren

Neben dem verständlichen Wunsch, einem einheitlichen postoperativen Rehabilitationsprotokoll folgen zu können, darf natürlich nicht die Individualität des jeweiligen Patienten vergessen werden. Diese Individualität beginnt auf der strukturellen Ebene bei der Größe und Lokalisation des Knorpelschadens, reicht von personenbezogenen Faktoren wie Alter, Body-Mass-Index (BMI), Anzahl vorangegangener Operationen und Dauer der Symptome bis hin zu unterschiedlichen Aktivitätsniveaus und Ansprüchen an das Kniegelenk. In **Tab. 1**

B. Wondrasch

## Rückkehr zum Sport nach Eingriffen am Gelenkknorpel im Kniegelenk. Rehabilitation und Kriterien

### Zusammenfassung

**Einleitung.** Die postoperative Rehabilitation nimmt in der Knorpelchirurgie einen wichtigen Stellenwert ein und ist für ein gutes postoperatives Outcome von großer Bedeutung. Die Ziele der Rehabilitation nach knorpelchirurgischen Eingriffen am Kniegelenk können an die International Classification for Functioning, Disability and Health (ICF) der World Health Organization (WHO) angepasst werden.

**Ziele.** Auf der strukturellen und funktionellen Ebene soll die Bildung eines hochqualitativen Reparatur- bzw. Regenerationsgewebes unterstützt sowie eine freie Gelenkbeweglichkeit und ausreichende Muskelkraft angestrebt werden, um auf der Aktivitätsebene sämtliche

Aktivitäten des täglichen Lebens absolvieren zu können. Ziel der Partizipationsebene ist es, der Arbeit sowie sportlichen und sonstigen Aktivitäten nachgehen zu können.

**Methoden.** Die postoperativen Heilungsphasen des Knorpelgewebes bilden die Basis für alle im Laufe der Rehabilitation durchgeführten Maßnahmen. Des Weiteren sollte man sich mit der Biomechanik des betroffenen Gelenkabschnitts auseinandersetzen, um die auf das Gelenk einwirkenden Kräfte abschätzen zu können. Die Rehabilitation verläuft in 3 Phasen: „Schutz- und Aktivierungsphase“, „Belastungs- und Wiederherstellungsphase“ sowie „Aktivitätsphase“.

**Ergebnisse.** Die schnelle und erfolgreiche Rückkehr zum Sport wird häufig als Erfolgsparameter für eine gelungene Behandlung gesehen. Bisher fehlen aber für Verletzungen des Gelenkknorpels valide und reliable Kriterien. Magnetresonanztomographie, Muskelkraft von Quadrizeps und Hamstrings, Sprungtests und Fragebögen zur Evaluierung der Kniegelenkfunktion könnten als Parameter herangezogen werden. Diese Kriterien müssen jedoch noch auf ihre Validität und Reliabilität für diese Patientengruppe überprüft werden.

### Schlüsselwörter

Rehabilitation · Knorpelchirurgie · ICF · Beweglichkeit · Muskelkraft

## Returning to sport after interventions on knee joint cartilage. Rehabilitation and criteria

### Abstract

**Background.** There is general agreement that postoperative rehabilitation after cartilage surgery of the knee plays a major role and can positively influence the postoperative outcome. The International Classification for Functioning, Disability and Health (ICF) established by the World Health Organization (WHO) provides a good basis to define the aims of rehabilitation after cartilage repair.

**Objectives.** On the structural and functional levels, the development of a high quality repair and regeneration tissue should be supported and a free range of motion, sufficient muscle strength and good neuromuscular control should be targeted in order to be able to return to activities of daily living (ADL). The target at the participation level includes

resumption of working, sports and leisure activities.

**Methods.** The postoperative healing phases of the chondral tissue form the basis for all measures to be carried out during the course of rehabilitation. Considering the biomechanics enables the forces exerted on the defect area to be estimated. Based on this the rehabilitation process can be divided in three different phases: the protection and activation phase, the loading and restoration phase and the restoration of functional activity phase, which is very important regarding return to sport.

**Results.** To achieve these goals rehabilitation should be a process based on the ability to return to sports, which is often seen as a

parameter for successful treatment; however, valid and reliable criteria for chondral damage are still lacking. The following decision criteria could be used for evaluation of knee function after cartilage repair from the patient perspective: magnetic resonance imaging (MRI), muscle strength of the quadriceps and hamstring, hop test and questionnaires; however, the validity and reliability for this group of patients still have to be investigated.

### Keywords

Rehabilitation · Cartilage repair · ICF · Mobility · Muscular strength

sind diese Faktoren und deren Einfluss auf die Rehabilitation beschrieben.

### Phasen und Inhalte der Rehabilitation

Basierend auf den inhärenten Unterschieden der einzelnen knorpelchirurgischen Techniken, gliedert sich die postoperative Rehabilitation und der Prozess „Rückkehr zum Sport“ auf 3 biologischen Phasen:

1. Schutz- und Aktivierungsphase,
2. progressive Belastungs- und funktionelle Wiederherstellungsphase,
3. Aktivitätsphase (■ Tab. 2).

Die Inhalte dieser Phasen sind eine progressive Belastungssteigerung, die Wiederherstellung der Gelenkbeweglichkeit und das Wiedererlangen der neuromuskulären Funktion. In ■ Tab. 3 werden mögliche Maßnahmen in den jeweiligen Phasen präsentiert.

### Phase 1

#### Schutz- und Aktivierungsphase

Diese Phase beginnt eigentlich schon vor der Operation. Um die Patienten sowohl physisch als auch mental auf den operativen Eingriff optimal vorzubereiten, ist eine präoperative Aufklärung und Vorbereitung sehr wichtig [13, 46]. Dabei sollte die geplante Operationstechnik und die folgende Rehabilitation inklusive progressiver Belastungssteigerung und die Konsequenzen für den Alltag erklärt werden. Diese Aufklärung soll es Patien-

Tab. 3 Mögliche Maßnahmen in den einzelnen Phasen der Rehabilitation	
Phasen/Ziele	Maßnahmen
Phase 1: Protektion und Aktivierung	Präoperative Aufklärung
	Kryotherapie, Hochlagerung, Kompression
	„Continious passive motion“ (CPM)
	Manuelle Therapie: Patellamobilisationen, Techniken zur Verbesserung der Arthrokinematik im TFG
	Weichteiltechniken zur Verbesserung der Arthrokinematik
	Übungen zum Erlernen und zur Verbesserung der Belastungsübernahme
	Gangschulung entsprechend der erlaubten Belastung
	Aktive und passive Bewegungsübungen in der geschlossenen Kette und im erlaubten Bewegungsbe- reich
	Ergometer
	Straight-leg-raise in verschiedenen Bewegungsebenen
	Isometrische Aktivierung von Quadrizeps und Hamstrings in verschiedenen Kniewinkelstellung (CAVE: Defektlokalisierung)
	Konzentrik von Quadrizeps und Hamstrings (CAVE: Defektlokalisierung) in geschlossener Bewegungskette
	Training der Glutealmuskulatur im erlaubten Belastungsbereich (Teilbelastung)
	Sensomotorisches Training im erlaubten Belastungsbereich (Teilbelastung)
Phase 2: Progressive Belastung und funktionelle Wiederherstellung	Kryotherapie, wenn notwendig
	Manuelle Therapie: Patellamobilisationen, Techniken zur Verbesserung der Arthrokinematik im TFG
	Steigerung von Konzentrik zu Exzentrik unter Berücksichtigung der Defektlokalisierung; offene und geschlossene Bewegungskette
	Steigerung von statischer zu dynamischer Belastung; Implementierung von funktionellen Bewegungsabläufen mit geringer Belastung
	Training der Glutealmuskulatur unter Vollbelastung
	Sensomotorisches Training unter Vollbelastung
	Ergometer
Phase 3: Aktivitätsphase	Intensivierung des Krafttrainings (sportartspezifisch)
	Intensivierung des dynamischen Training; Implementierung von funktionellen Bewegungsabläufen mit hoher Belastung
	Kardiovaskuläres Training
	Sportartspezifisches Training

ten erleichtern, gefährdende Bewegungen und Belastungen abschätzen zu können. Ein weiteres Ziel der präoperativen Phase ist das Erlernen des Krückengehens sowie jener Übungen, die unmittelbar postoperativ durchgeführt werden. Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass eine optimale präoperative Betreuung das postoperative Ergebnis positiv beeinflusst [14, 41, 45].

Aus biologischer Sicht beginnen in dieser Phase die Zellen (mesenchymale Stammzellen nach MF; chondrale Zellen nach ACT), sich zu differenzieren und primitives, knorpelähnliches Ersatzgewebe zu produzieren, das aber biomechanisch sehr minderwertig ist [29]. In den ersten Tagen nach der Operation steht die Reduktion von Schmerz und Schwellung im Vordergrund. Dies ist in-

sofern sehr wichtig, da zahlreiche Studien aufzeigten, dass Schmerz und Schwellung zu einer Inhibierung des Quadrizeps führen sowie zu einer Einschränkung der Beweglichkeit, insbesondere der Extension [44].

### » In den ersten Tagen nach der Operation steht die Reduktion von Schmerz und Schwellung im Vordergrund

In weiterer Folge soll das Krückengehen mit der erlaubten Belastung instruiert und geübt werden. Die erlaubte Belastung hängt einerseits von der Operationstechnik, andererseits von der Lokalisation des Knorpelschadens ab. Liegt der Knorpelschaden im TFG, ist eine längere Phase der Teilbelastung notwendig, um den Defektbereich zu schonen. Bei Defekten im PFG hingegen kann unter Einschränkung des Bewegungsausmaßes eine frühere Vollbelastung erreicht werden (■ Tab. 4). Wichtig ist, dass die Belastungssteigerung zwar progressiv, aber auch kontrolliert erfolgt. Studien zeigen, dass sich lange Entlastungsphasen negativ auf die Zusammensetzung von Knorpelgewebe als auch auf die Kniegelenkfunktion auswirken [2, 4, 12].

Um den Heilungsprozess des Knorpelgewebes zu unterstützen, ist eine kontrollierte Steigerung der Beweglichkeit sowohl aktiv als auch passiv indiziert [13]. Zyklische Bewegungen im Kniegelenk erhöhen die intraartikuläre Zirkulation von Gelenkflüssigkeit und fördern somit die lokale Diffusion, während intraartikuläre Verklebungen vermieden werden können [9]. Diese aktiven und passiven Bewegungsübungen sollten vorwiegend in der geschlossenen Bewegungskette durchgeführt werden. Bei Defekten im PFG ist es wichtig, eventuell angeordnete Bewegungslimitierungen zu berücksichtigen.

Das Wiedererlangen der neuromuskulären Kontrolle der kniestabilisierenden Muskulatur ist in dieser Phase von großer Bedeutung. Vor allem die Ansteuerung des Quadrizeps sollte so rasch wie möglich erreicht werden. Inhibition und mangelnde muskuläre Kontrol-

**Tab. 4** Richtlinien zur Belastung

	<b>Tibiofemoralgelenk</b>	<b>Patellofemoralgelenk</b>
<b>Woche 0–2</b>	ACT, MF: Abrollen mit ca. 20 % des KG OCT: Abrollen mit ca. 20 % des KG	ACT, MF, OCT: Abrollen mit ca. 20 % des KG
<b>Woche 2–4</b>	ACT, MF: Teilbelastung mit ca. 50 % des KG OCT: Teilbelastung mit ca. 50–75 % des KG	ACT, MF, OCT: Steigerung zur Vollbelastung mit einer Orthese gesperrt auf 0–20° Knieflexion
<b>Woche 4–6</b>	ACT, MF: wöchentliche Steigerung um 25 % des KG OCT: Steigerung zur Vollbelastung	
<b>Woche 6–8</b>	ACT, MF: Steigerung zur Vollbelastung	

ACT autologe Knorpelzelltransplantation, MF Mikrofrakturierung, OCT osteochondrale Transplantation, KG Körpergewicht

le des Quadrizeps haben negative Auswirkungen auf die neuromuskuläre Kontrolle sowie auf die Biomechanik des betroffenen Gelenks, was wiederum zur erhöhten intraartikulären Belastung und somit zu vermehrter Belastung des Defektbereichs führt [24].

### » Das Wiedererlangen der neuromuskulären Kontrolle ist in dieser Phase von großer Bedeutung

Neben dem Quadrizeps spielt v. a. die Glutealmuskulatur eine große Rolle für die Funktion des Kniegelenks [6]. Sie bestimmt die Rotationen des Oberschenkels und ist damit sehr wichtig für das Einhalten der dynamischen Beinachse. Dies wiederum ist für die Belastungsverteilung im TFG und PFG essenziell [5, 6]. Das neuromuskuläre Training muss in dieser initialen Phase an die reduzierte Belastbarkeit des heilenden Knorpelgewebes angepasst werden; d. h. es sollte in vorwiegend teilbelasteten Position und in der geschlossenen Kette durchgeführt werden. Isometrische und konzentrische Muskelaktivierung der kniegelenknahen Muskulatur sollte in Kniewinkelstellungen durchgeführt werden, die außerhalb des Defektbereichs liegen. Ebenso sollte bereits in dieser Phase mit dem sensomotorischen Training begonnen werden, um so früh wie möglich an eventuellen propriozeptiven Defizite zu arbeiten. Dies kann in verschiedenen Ausgangsstellungen geschehen, jedoch muss die

vorgegebene Belastungslimitierung eingehalten werden.

## Phase 2

### Progressive Belastungs- und funktionelle Wiederherstellungsphase

Auf biologischer Ebene beginnt sich nun das Knorpelersatzgewebe in knorpelähnliches Gewebe umzuwandeln. Daher ist mechanischer Stimulus wichtig, um die Matrixproduktion und Organisation des Gewebes anzuregen [29].

In dieser Phase sollte ein freies Bewegungsmaß erreicht werden sowie ausreichend muskuläre Kontrolle vorhanden sein, um Aktivitäten des täglichen Lebens problemlos absolvieren zu können. Die Verwendung von Krücken kann reduziert und der Defektbereich vermehrt, aber kontrolliert, belastet werden. Die Intensität des neuromuskulären Trainings kann gesteigert werden. Neben isometrischer und konzentrischer Muskelaktivierung kann nun auch exzentrisches Training implementiert werden. Das neuromuskuläre Training kann nun in belasteten Positionen, auch mit Zusatzgewichten, erfolgen. Im Zuge des sensomotorischen Trainings ist ein Übergang von statischer zu dynamischer Durchführung möglich. Funktionelle Bewegungsabläufe mit Hauptaugenmerk auf hohe Qualität in der Durchführung sollten trainiert werden. Schmerz und Schwellung führen durch diese Phasen und stellen optimale Dosierungsparameter dar. Treten Schmerz und Schwellung in zeitlichem Zusammenhang mit dem Übungsprogramm auf, weist dies auf eine Über-

belastung des Gelenks hin und die Intensität muss reduziert werden.

## Phase 3

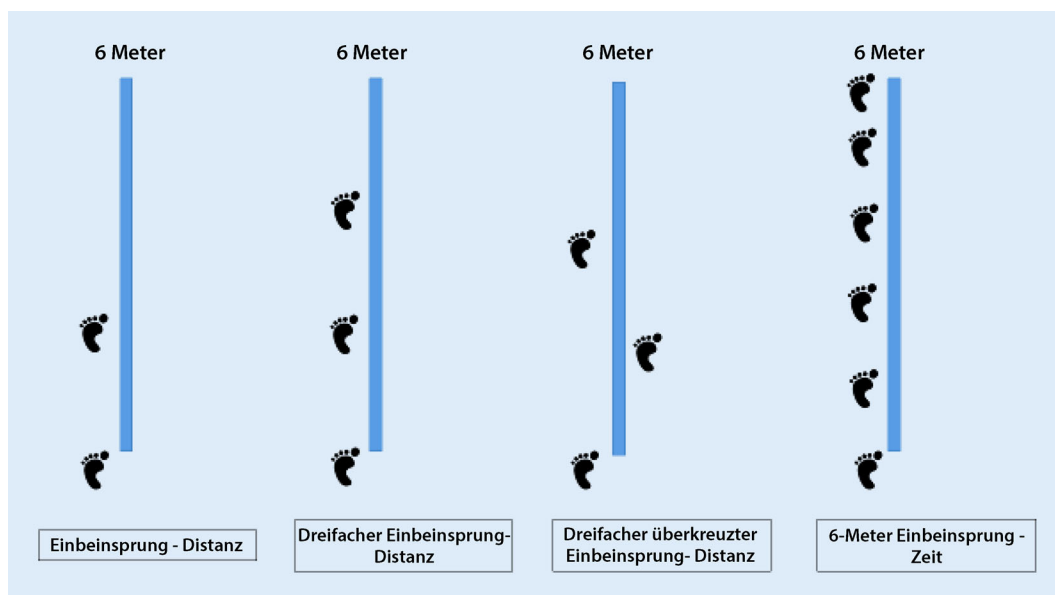
### Aktivitätsphase

Diese Phase steht voll und ganz im Zeichen der Wiederaufnahme sportlicher Aktivität. In dieser Phase kommt es zu einer weiteren Reifung und Organisation des Gewebes [29]. Eine graduelle Steigerung von hohen Belastungen sowie sportspezifischen Bewegungsmustern ist nun möglich. Die Intensität des neuromuskulären Trainings muss den sportlichen Ansprüchen angepasst werden, jedoch dienen Schwellung und Schmerzen weiterhin als Dosierungsparameter.

### Kriterien zur Rückkehr zum Sport

Die schnelle und erfolgreiche Rückkehr zum Sport ist eines der wichtigsten Ziele für Sportler, unabhängig vom Sportlevel, und wird auch häufig als ein Erfolgsparameter für eine gelungene Behandlung heran gezogen [31]. Wichtig ist jedoch, dass diese Rückkehr sicher erfolgen soll d. h., dass das Risiko einer neuerlichen Verletzung im Sinne von Sekundärprävention minimiert werden und eine Überlastung der betroffenen Struktur (und benachbarten Strukturen) vermieden werden soll [22, 31, 43]. Zusätzlich sollte das Auftreten möglicher eventueller Spätkomplikationen und Folgeerkrankungen der Primärverletzung berücksichtigt werden. Um diesen Ansprüchen gerecht zu werden, findet man in der Literatur unterschiedliche Kriterien, die herangezogen werden, um den optimalen Zeitpunkt für die Rückkehrfähigkeit zum Sport zu finden. Während diese Kriterien für Verletzungen des vorderen Kreuzbands (VKB) bereits definiert und evaluiert wurden, fehlen diese für die Rückkehr zum Sport nach knorpelchirurgischen Eingriffen am Kniegelenk. Daher werden im Folgenden mögliche Kriterien beschrieben, die jedoch noch zukünftig für diese spezielle Patientengruppe definiert und evaluiert werden müssen. Um entsprechend des ICF-Modells alle Aspekte des Gesundheitszustands zu erfassen,





**Abb. 1** ◀ Sprungtests

sollten diese Kriterien alle 3 Ebenen berücksichtigen.

## Magnetresonanztomographie

Die Magnetresonanztomographie (MRT) bietet eine optimale Methode, um auf der Körperebene strukturelle Informationen über den morphologischen Zustand des Reparatur-Regenerations-Gewebes zu bekommen. Dies erlaubt Rückschlüsse über die biomechanischen Eigenschaften und die Belastbarkeit des Gewebes, was die Entscheidung „Rückkehr zum Sport“ beeinflussen könnte. Zur Evaluierung der MRT bietet sich der „Magnetic resonance observation of cartilage repair tissue score“ (MOCART-Score) an [27]. Dieser Score umfasst 9 Parameter, welche die Morphologie und Signalintensität im Vergleich zum angrenzenden Knorpelgewebe beschreiben, und zeigt eine gute Reliabilität und Validität [26].

## Muskelkraft

Die Messung der Muskelkraft ermöglicht es, auf der Körperebene Informationen über neuromuskuläre und funktionelle Einschränkungen zu gewinnen. Das Wiedererlangen der Muskelkraft des Quadrizeps, der Hamstrings und der Glutealmuskulatur ist nach Verletzungen des Kniegelenks für eine optimale Kniegelenkfunktion und damit für die Rückkehr zum Sport wesentlich [19, 32, 38].

Eine objektive und häufig angewandte Messmethode zur Bestimmung der Muskelkraft bei Verletzungen an der unteren Extremität ist die isokinetische Kraftmessung [15]. Hierbei wird die dynamische Kraftentwicklung des untersuchten Muskels bei gleichbleibender Geschwindigkeit über einen definierten Bewegungsbereich gemessen und in Form einer Kraftverlaufskurve dargestellt. Damit können die momentane maximale Kraft der entsprechenden Muskelgruppe sowie Seitenunterschiede bestimmt werden. Zusätzlich ist es möglich, das Verhältnis zwischen Agonisten und Antagonisten – im Fall des Kniegelenks zwischen Quadrizeps und Hamstrings – zu analysieren und den Kraftverlauf in verschiedenen Gelenkwinkelstellungen zu beurteilen [40]. Studien zeigen, dass isokinetische Kraftmessung des Quadrizeps und der Hamstrings eine valide und reliable Messmethode für Patienten nach Verletzungen des Kniegelenks ist [8].

## Sprungtest

Neben isokinetischen Krafttests werden einbeinige Sprungtests herangezogen, um die Kniegelenkfunktion nach Verletzungen zu evaluieren [18, 19, 25]. Einbeinige Sprungtests geben Information über Muskelkraft und neuromuskuläre Kontrolle sowie über das vorhandene Vertrauen in das betroffene Bein und die

Fähigkeit, hohe Belastungen zu tolerieren. Die folgenden 4 Sprungtests werden am häufigsten zur Evaluierung der Kniegelenkfunktion verwendet und zeigen eine hohe Validität und Reliabilität für Patienten nach Kniegelenkverletzungen (Abb. 1):

- Einbeinsprung – Distanz,
- dreifacher Einbeinsprung – Distanz,
- dreifacher überkreuzter Einbeinsprung – Distanz,
- 6-Meter-Einbeinsprung auf Zeit.

## Fragebögen

Ein weiteres, sehr wichtiges Kriterium, das in den Entscheidungsprozess mit einbezogen werden sollte, ist die Selbsteinschätzung der Kniegelenkfunktion. Dies geschieht mittels patientenbezogenen Fragebögen. Für Patienten nach Verletzungen des Kniegelenks werden meist der „Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score“ (KOOS), der „Knee Outcome Survey“ (KOS) und der „International Knee Documentation Committee 2000“ (IKDC 2000) verwendet, da diese Fragebögen für diese Patientengruppe eine hohe Validität und Reliabilität aufweisen [42]. Diese Fragebögen evaluieren die Funktion des Kniegelenks auf der strukturellen Ebene, der Aktivitätsebene und der Partizipationsebene aus der Sicht der Patienten. In den letzten Jahren entwickelten sich diese Fragebögen zu einem wesentli-

chen Bestandteil der Evaluierung verschiedener Behandlungsstrategien nach Verletzungen des Kniegelenks. Verglichen mit der Testung von Muskelkraft und Sprungleistung, differenzieren diese Fragebögen nicht zwischen betroffenem und nichtbetroffenem Bein, sondern sie liefern wichtige Information über die Einschätzung der Kniegelenkfunktion aus der Sicht der Patienten.

## Fazit für die Praxis

- Für eine erfolgreiche Rehabilitation nach knorpelchirurgischen Eingriffen am Kniegelenk ist es wichtig, die Heilungsphasen des Knorpelgewebes sowie die Biomechanik des betroffenen Gelenkabschnitts zu berücksichtigen.
- Darauf basierend können die Modalitäten der Rehabilitation (Wiedererlangen der Beweglichkeit, Krafttraining und Wiederherstellung der neuromuskulären Kontrolle) ausgewählt werden.
- Der Zeitpunkt der Rückkehr zum Sport sollte neben den postoperativen Heilungsphasen des Knorpelgewebes auch Kriterien wie MRT, Muskelkraft, Sprungtests und Fragebögen zur Selbsteinschätzung der Kniegelenkfunktion berücksichtigen.

## Korrespondenzadresse



**B. Wondrasch, PT, PhD**  
Department Gesundheit,  
FH St. Pölten  
Matthias Corvinus-Straße 15,  
3100 St. Pölten, Österreich  
barbara.wondrasch@fhstp.ac.at

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** B. Wondrasch gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Dieser Beitrag beinhaltet keine von der Autorin durchgeführten Studien an Menschen oder Tieren.

**Open Access.** This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided you give appropriate credit to the original author(s)

and the source, provide a link to the Creative Commons license, and indicate if changes were made.

## Literatur

1. Alford JW, Cole BJ (2005) Cartilage restoration, part 1: basic science, historical perspective, patient evaluation, and treatment options. *Am J Sports Med* 33:295–306
2. Alford JW, Cole BJ (2005) Cartilage restoration, part 2: techniques, outcomes, and future directions. *Am J Sports Med* 33:443–460
3. Aroen A, Loken S, Heir S et al (2004) Articular cartilage lesions in 993 consecutive knee arthroscopies. *Am J Sports Med* 32:211–215
4. Arokoski JP, Jurvelin JS, Vaatainen U et al (2000) Normal and pathological adaptations of articular cartilage to joint loading. *Scand J Med Sci Sports* 10:186–198
5. Bennell KL, Hinman RS (2011) A review of the clinical evidence for exercise in osteoarthritis of the hip and knee. *J Sci Med Sport* 14:4–9
6. Bennell KL, Hunt MA, Wrigley TV et al (2010) Hip strengthening reduces symptoms but not knee load in people with medial knee osteoarthritis and varus malalignment: a randomised controlled trial. *Osteoarthr Cartil* 18:621–628
7. Brittberg MIA, Madry H, Mandelbaum B (Hrsg) (2012) Cartilage repair – Current Concepts. DJO, Guildford UK
8. Brosky JA Jr., Nitz AJ, Malone TR et al (1999) Intrarater reliability of selected clinical outcome measures following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Orthop Sports Phys Ther* 29:39–48
9. Buckwalter JA (1996) Effects of early motion on healing of musculoskeletal tissues. *Hand Clin* 12:13–24
10. Carter DR, Beaupre GS, Wong M et al (2004) The mechanobiology of articular cartilage development and degeneration. *Clin Orthop Relat Res*:S69–77
11. Curl WW, Krome J, Gordon ES et al (1997) Cartilage injuries: a review of 31,516 knee arthroscopies. *Arthrosc: J Arthrosc Relat Surg* 13:456–460
12. Ebert JR, Edwards PK (2013) The evolution of progressive, post-operative weight bearing following autologous chondrocyte implantation in the tibiofemoral joint. *J Sport Rehabil*
13. Edwards PK, Ackland T, Ebert JR (2013) Clinical rehabilitation guidelines for matrix-induced autologous chondrocyte implantation (MACI) on the tibiofemoral joint. *J Orthop Sports Phys Ther*
14. Eitzen I, Holm I, Risberg MA (2009) Preoperative quadriceps strength is a significant predictor of knee function two years after anterior cruciate ligament reconstruction. *Br J Sports Med* 43:371–376
15. Eitzen I, Moksnes H, Snyder-Mackler L et al (2010) Functional tests should be accentuated more in the decision for ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18:1517–1525
16. Flanigan DC, Harris JD, Trinh TQ et al (2010) Prevalence of chondral defects in athletes' knees: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc* 42:1795–1801
17. Grelsamer RP, Klein JR (1998) The biomechanics of the patellofemoral joint. *J Orthop Sports Phys Ther* 28:286–298
18. Grindem H, Logerstedt D, Eitzen I et al (2011) Single-legged hop tests as predictors of self-reported knee function in nonoperatively treated individuals with anterior cruciate ligament injury. *Am J Sports Med* 39:2347–2354
19. Gustavsson A, Neeter C, Thomee P et al (2006) A test battery for evaluating hop performance in patients with an ACL injury and patients who have undergone ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14:778–788
20. Hambly K, Bobic V, Wondrasch B et al (2006) Autologous chondrocyte implantation postoperative care and rehabilitation: science and practice. *Am J Sports Med* 34:1020–1038
21. Hangody L, Vasarhelyi G, Hangody LR et al (2008) Autologous osteochondral grafting – technique and long-term results. *Injury* 39(Suppl 1):S32–S39
22. Karlsson J, Becker R (2015) Return to sports after ACL reconstruction: individual considerations. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 23:1271–1272
23. Khan KM, Scott A (2009) Mechanotherapy: how physical therapists' prescription of exercise promotes tissue repair. *Br J Sports Med* 43:247–252
24. Lewek M, Rudolph K, Axe M et al (2002) The effect of insufficient quadriceps strength on gait after anterior cruciate ligament reconstruction. *Clin Biomech* 17:56–63
25. Logerstedt D, Grindem H, Lynch A et al (2012) Single-legged hop tests as predictors of self-reported knee function after anterior cruciate ligament reconstruction: the Delaware-Oslo ACL cohort study. *Am J Sports Med* 40:2348–2356
26. Marlovits S, Singer P, Zeller P et al (2006) Magnetic resonance observation of cartilage repair tissue (MOCART) for the evaluation of autologous chondrocyte transplantation: determination of interobserver variability and correlation to clinical outcome after 2 years. *Eur J Radiol* 57:16–23
27. Marlovits S, Striessnig G, Resinger CT et al (2004) Definition of pertinent parameters for the evaluation of articular cartilage repair with high-resolution magnetic resonance imaging. *Eur J Radiol* 52:310–319
28. Mithoefer K, Hambly K, Della Villa S et al (2009) Return to sports participation after articular cartilage repair in the knee: scientific evidence. *Am J Sports Med* 37(Suppl 1):167S–176S
29. Mithoefer K, Hambly K, Logerstedt D et al (2012) Current concepts for rehabilitation and return to sport after knee articular cartilage repair in the athlete. *J Orthop Sports Phys Ther* 42:254–273
30. Mithoefer K, Williams RJ 3rd, Warren RF et al (2006) High-impact athletics after knee articular cartilage repair: a prospective evaluation of the microfracture technique. *Am J Sports Med* 34:1413–1418
31. Myklebust GBR (2005) Return to play guidelines after anterior cruciate ligament surgery. *Br J Sports Med* 39:127–131
32. Neeter C, Gustavsson A, Thomee P et al (2006) Development of a strength test battery for evaluating leg muscle power after anterior cruciate ligament injury and reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 14:571–580
33. WHO (2013) How to use the ICF: A practical manual for using the international classification of functioning, disability and health (ICF). Exposure draft for comment. WHO, Geneva, S 127
34. Organization WH (2008) International Classification of Functioning, Disability and Health. In: WHO Library Cataloguing-in-Publication Data
35. Powers CM (1998) Rehabilitation of patellofemoral joint disorders: a critical review. *J Orthop Sports Phys Ther* 28:345–354
36. Reinold MM, Wilk KE, Macrina LC et al (2006) Current concepts in the rehabilitation following articular cartilage repair procedures in the knee. *J Orthop Sports Phys Ther* 36:774–794

37. Robertson WB, Fick D, Wood DJ et al (2007) MRI and clinical evaluation of collagen-covered autologous chondrocyte implantation (CACI) at two years. *Knee* 14:117–127
38. Schmitt LC, Paterno MV, Ford KR et al (2015) Strength asymmetry and landing mechanics at return to sport after anterior cruciate ligament reconstruction. *Med Sci Sports Exerc* 47:1426–1434
39. Schmitt LC, Quatman CE, Paterno MV et al (2014) Functional outcomes after surgical management of articular cartilage lesions in the knee: a systematic literature review to guide postoperative rehabilitation. *J Orthop Sports Phys Ther* 44:565–A510
40. Stark T, Walker B, Phillips JK et al (2011) Hand-held dynamometry correlation with the gold standard isokinetic dynamometry: a systematic review. *PM R* 3:472–479
41. Swank AM, Kachelman JB, Bibeau W et al (2011) Prehabilitation before total knee arthroplasty increases strength and function in older adults with severe osteoarthritis. *J Strength Cond Res* 25:318–325
42. Tanner SM, Dainty KN, Marx RG et al (2007) Knee-specific quality-of-life instruments: which ones measure symptoms and disabilities most important to patients? *Am J Sports Med* 35:1450–1458
43. Thomee R, Kaplan Y, Kvist J et al (2011) Muscle strength and hop performance criteria prior to return to sports after ACL reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 19:1798–1805
44. Van Grinsven S, Van Cingel RE, Holla CJ et al (2010) Evidence-based rehabilitation following anterior cruciate ligament reconstruction. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc* 18:1128–1144
45. Wallis JA, Taylor NF (2011) Pre-operative interventions (non-surgical and non-pharmacological) for patients with hip or knee osteoarthritis awaiting joint replacement surgery – a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartil* 19:1381–1395
46. Wondrasch B, Aroen A, Rotterud JH et al (2013) The feasibility of a 3-month active rehabilitation program for patients with knee full-thickness articular cartilage lesions: the Oslo Cartilage Active Rehabilitation and Education Study. *J Orthop Sports Phys Ther* 43:310–324

## Österreichische Open-Access-Vereinbarung mit Springer

Das Österreichische Akademische Bibliothekskonsortium (KEMÖ) und der österreichische Wissenschaftsfonds (FWF) haben mit dem Springer Verlag ein weitreichendes Lizenzmodell vereinbart. Im Rahmen des Lizenzmodells „Springer Compact“ erhalten die Wissenschaftler teilnehmender österreichischer Institutionen Zugang zu mehr als 2.000 wissenschaftlichen Springer-Fachzeitschriften. Außerdem können diese als korrespondierende Autoren in über 1.600 Hybrid-Zeitschriften Open Access (OA) publizieren. Die Vereinbarung greift, sofern die Open-Access-Gebühren nicht bereits von anderer Seite erstattet werden. Das neue Modell bietet Wissenschaftlerinnen hervorragende Möglichkeiten, ihre Forschungsergebnisse in einem qualitativ hochwertigen und breiten Zeitschriftenportfolio Open Access zu publizieren. Sie können sich auf das Publizieren konzentrieren und müssen sich nicht um die finanziellen Rahmenbedingungen und administrativen Anforderungen im Hinblick auf OA-Mandate kümmern. Der Zugriff auf alle Springer-Zeitschriften einerseits und die Möglichkeit des mühelosen Open-Access-Publizierens andererseits sollen die Transformation vom subskriptionsbasierten auf ein Open-Access-basiertes Publikationssystem beschleunigen und die Sichtbarkeit der österreichischen Forschung weltweit erhöhen.

Wie identifiziert sich der korrespondierende Autor bei Springer?

Im Rahmen des elektronischen „MyPublication“-Prozesses wird die Affiliation des korrespondierenden Autors abgefragt, und dieser muss zudem einer Open-Access-Publikation zustimmen. Im Nachgang bestätigt die beteiligte Institution die Richtigkeit der Angaben des korrespondierenden Autors hinsichtlich seiner Affiliation und berechtigt somit zur Teilnahme an Springer Compact.

Welche Beitragsformen umfasst Springer Compact:

- Original Paper – Standardartikel, in dem üblicherweise neue Ergebnisse präsentiert werden (auch Original Research, Original Article oder Research Paper genannt).
- Review Paper – Standardartikel, der bereits publizierte Ergebnisse interpretiert.
- Brief Communication – kurzer Artikel, der zur schnellen Veröffentlichung eingereicht wurde und die gleiche Struktur hat wie ein Standardartikel.
- Continuing Education – Artikel, der einen wesentlichen Beitrag zur Weiterbildung darstellt (meist medizinisch).

Welche Institutionen sind beteiligt?

Eine Auflistung der beteiligten Institutionen kann abgerufen werden unter: <http://www.springer.com/gb/open-access/springer-open-choice/springer-compact/agreements-austrian-authors>